Ueber die Inversion von Saccharose.

Studien

über die

Entwicklung der Frucht der Heidelbeere,

sowie die

Producte der Gährung des Heidelbeersaftes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Facultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

von

Theodor Omeis

aus Nürnberg.

München 1889.

M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung

(Gustav Himmer.)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545819_0144

Ueber die Inversion von Saccharose.

Studien

über die

Entwicklung der Frucht der Heidelbeere,

sowie die

Producte der Gährung des Heidelbeersaftes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

vorgelegt der

hohen philosophischen Facultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

von

Theodor Omeis

aus Nürnberg.

München 1889.

M. Rieger'sche Universitäts-Buchhandlung

(Gustav Himmer.)

Vorliegende Arbeit wurde im pharmaceutischen Institute und Laboratorium für angewandte Chemie der Universität Erlangen unter Leitung von Professor Dr. Hilger durchgeführt.

A. Inversion von Rohrzucker durch Säuren und in Weinen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass alle anorganischen Säuren, sowie die meisten, ja vielleicht alle organischen Säuren bei höheren Temperaturen Rohrzucker in die Glycosen: Dextrose und Laevulose, jenes isomere Gemisch, welches man als Invertzucker anspricht, zu spalten vermögen, indem das Saccharose-Molekül Wasser aufnimmt und dadurch der Zerfall in die genannten Glykosen bewirkt wird. Spätere Arbeiten, namentlich die von Arno Behr[1]), zeigten, dass dieser Prozess, welcher ja unter Wärmeentbindung stattfindet, nicht nur bei äusserer Wärmezufuhr, sondern auch bei gewöhnlicher Temperatur vor sich gehen kann und bewies genannter Forscher seine Beobachtungen durch Versuche mit den verschiedensten anorganischen und organischen Säuren.

Die vielfach gemachte Erfahrung, dass der Süssweinen zugesetzte Rohrzucker beim Lagern verschwindet, führte schon früher die Aufmerksamkeit der Chemiker diesem Gegenstande zu, und war es J. Moritz[2]), welcher für Schaumweine nachwies, dass der denselben zugesetzte Rohrzucker, welcher unter dem Namen Liquöre bei der Bereitung der Schaumweine als Syrup mit allerlei Zusätzen hinzugegeben wird, im Laufe der Lagerzeit sich in Invertzucker umwandelt; dabei führte Moritz die Thatsache, dass der Geschmack

---

[1]) Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie des deutschen Reiches. 11. Jahrgang 1874.

[2]) Neue Zeitschrift für Rübenzucker-Industrie. 14. B. 1885. No. 14.

der Schaumweine beim Lagern feiner und angenehmer wird, als er gleich nach der Bereitung war, auf die Inversions-Erscheinung zurück, indem genannter Autor dem Rohrzucker einen etwas kratzend süssen, dem invertirten Zucker hingegen einen feinen und angenehmen Geschmack zuspricht. Moritz führt nun verschiedene Factoren auf, deren Wirkung auf die Inversion er studirt hat; es sind: 1. der Alkoholgehalt des Weines, 2. der Zukergehalt, 3. der Weinsäuregehalt, 4. die Hefenmenge, 5. die Zeit, 6. die Temperatur.

Alle diese Wahrnehmungen gaben Anlass, die Inversion des Rohrzuckers im Allgemeinen wie im Speciellen unter den verschiedenartigsten Bedingungen zu studiren und war der Plan nachstehender Untersuchungen, welche ich auf Veranlassung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Professor Dr. Hilger, im Laboratorium für angewandte Chemie der Universität Erlangen anstellte, folgender:

I. Inversion von reinen Rohrzuckerlösungen mittelst 1. concentrirter Salzsäure, 2. verdünnter Salzsäure, 3. verdünnter Essigsäure, 4. Aepfelsäure, 5. Weinsäure, 6. Saurem weinsaurem Kali.

II. Inversion von zu bereits vergohrenen Weinen zugesetzten Rohrzucker ohne Zusatz irgendwelcher invertirender Agentien.

III. Prüfung der Inversionsmethode mittelst concentrirter Chlorwasserstoffsäure.

Daran reihten sich Versuche, um die invertirende Wirkung von Invertin und diastatischen Fermenten überhaupt näher zu prüfen.

I. Inversion von reinen Rohrzuckerlösungen mittelst Säuren.

Bei sämmtlichen diesbezüglichen Versuchen und Beobachtungen kam das Polaristrobometrische Verfahren in Anwendung, indem aus dem in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrten Zucker-Säure-Gemisch nach gewissen Intervallen ein entsprechendes Quantum Flüssigkeit entnommen und das Ablenkungsvermögen im Wild'schen Polaristrobometer bei homogenem (Natrium-) Lichte und bei bekannter Temperatur an den vier Quadranten abgelesen wurden. Hie und da wurden ausserdem noch gewichts- oder auch massanalytische Bestimmungen des Zuckers angereiht, welche zur Controle dienten.

Versuchsreihe I.

Versuche mit Chlorwasserstoff-Säure.

F. Urech stellte umfassende und eingehende Untersuchungen über die Einwirkung von Salzsäure auf Rohrzucker an und gab Aufschluss über die Invertirungsgeschwindigkeit desselben mit genannter Säure, nach welchen die Geschwindigkeit, mit welcher Saccharose in Gegenwart von Säuren invertirt wird, und welche auf optischem Wege leicht gemessen werden kann, proportional der Zeit und der vorhandenen Zuckermenge ist und ausserdem proportional einer Constanten, welche von der Natur der wirksamen Säuren abhängt.

W. Oswald[1]) hat nun durch Versuche die Vermuthung bestätigt, dass genannte Constante mit den Affinitätsgrössen der betreffenden Säuren zusammenhänge. Es lag nicht in dem Rahmen vorliegender Arbeit, alle diese Beobachtungen zu beleuchten, es waren vielmehr die Beziehungen der Inversionsgeschwindigkeit zur Quantität der angewandten Salzsäure sowie zur Concentration der Rohrzuckerlösung, ferner zur herrschenden Temperatur, welche festgestellt werden sollten, um eventuell Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Weine, besonders Süssweine aufzufinden, ebenso für die Prüfung der gegohrenen Pflanzensäfte auf Rohrzucker verwerthbare Thatsachen zu erreichen.

a) Zur Anwendung kamen 50 ccm Zuckerlösung und 15 Tropfen concentrirter Salzsäure (25 %), welch' letztere zur Saccharose-Lösung mittelst eines Tropffläschchens gesetzt wurde.

Die Temperatur war unter 18° C.

Zeitdauer			Drehung	
nach 0	Minuten	+	13° 25′	Im 200 mm Rohr.
„ $2^1/_2$	Stunden	+	11° 15′	
„ $18^1/_2$	„	+	5° 35′	
„ $42^1/_2$	„	+	1° —′	

b) Zur Anwendung kam eine Zuckerlösung von gleicher Drehung wie in a), hingegen dieses Mal ein Zusatz von nur 5 Tropfen concentrirter Salzsäure. Die Temperatur war auch hier circa 18° C.

---

[1]) Journal für pr. Chemie N. F. XXIX. S. 385.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0	Minuten	+ 13° 25′	Im 200 mm Rohr.
„	2½	Stunden	+ 12° 55′	
„	18½	„	+ 11° 20′	
„	42½	„	+ 8° 55′	

Vergleichen wir die correspondirenden Zahlen unter a und b, so sehen wir, dass die Drehungsabnahme bei Anwendung von 15 Tropfen concentrirter Salzsäure eine ungleich grössere ist, als die bei Anwendung von nur 5 Tropfen Salzsäure: Erhöhter Säurezusatz beschleunigt also die Inversion proportional der Säuremenge.

c) Um den Einfluss der Concentration der Rohrzuckerlösung auf die Inversionsgeschwindigkeit darzuthun, wurde einerseits eine Rohrzuckerlösung mit der Drehung + 13° 25 mit 5 Tropfen concentrirter Salzsäure versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen; andererseits wurde eine Rohrzuckerlösung mit der Drehung + 26° 50 ebenso behandelt. Das Resultat war, dass letztere Lösung später vollständig invertirt wurde als erstere.

d) Der Einfluss höherer Temperatur auf die Inversionsgeschwindigkeit möge durch folgende Versuchsreihe illustrirt werden:

Je 50 ccm Zuckerlösung wurden in einen gewöhnlichen Kolben mit engem Halse in Wasserbäder von bekannter constanter Temperatur gebracht und sodann mit je 5 Tropfen concentrirter reiner Salzsäure mittelst eines Tropffläschchens versetzt.

Nach genau beobachteten Zeiträumen wurden die zu untersuchenden Flüssigkeiten wieder aus dem Bade genommen, abgekühlt, mit fester Soda neutralisirt, auf das ursprüngliche Volumen gebracht, und bei bekannter Temperatur polarisirt.

1. Die Temperatur der Zuckerlösung im Kolben war 62° C.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0	Minuten	+ 3° 1′	Im 200 mm Rohr und bei 18,5° C. polarisirt.
„	10	„	+ 1° 37′	
„	20	„	+ 0° 47′	
„	30	„	+ 0° 27′	

Die Inversion war also nach 30 Minuten noch nicht vollständig.

2. Die Temperatur der Zuckerlösung im Kolben war 67 ° C.

Zeitdauer		Drehung		
nach 0	Minuten	+	3 ° 1′	Im 200 mm Rohr und bei 18 ° C. polarisirt.
„ 30	„	—	0 ° 33′	
„ 45	„	—	1 ° 3′	

Die Inversion war also nach 45 Minuten eine vollständige.

3. Die Temperatur der Zuckerlösung im Kolben war 70 ° C.

Zeitdauer		Drehung		
nach 0	Minuten	+	3 ° 1′	Im 200 mm Rohr und bei 18,5 ° C. polarisirt.
„ 10	„	+	0 ° 17′	
„ 20	„	—	0 ° 47′	
„ 30	„	—	1 ° 3′	

Die Inversion war also nach einer halben Stunde eine vollständige.

4. Die Temperatur der Zuckerlösung im Kolben war 89 ° C.

Zeitdauer		Drehung		
nach 0	Minuten	+	3 ° 1′	Im 200 mm Rohr und bei 19 ° C. polarisirt.
„ 5	„	—	1 ° 3′	
„ 10	„	—	1 ° 3′	
„ 20	„	—	1 ° 3′	
„ 30	„	—	1 ° 3′	

Die Inversion war also bereits nach 5 Minuten eine vollständige und blieb die Drehung auch nach $^1/_2$ stündigem Stehenlassen bei dieser Temperatur dieselbe.

5. Die Zuckerlösung im Kolben wurde mittelst eines Oelbades im Sieden erhalten.

Zeitdauer		Drehung		
nach 0	Minuten	+	3 ° 1′	Im 200 mm Rohr und bei 18,5 ° C. polarisirt.
„ 3	„	—	1 ° 3′	
„ 5	„	—	1 ° 3′	

Die Inversion war also hier bereits nach 3 Minuten eine vollständige.

Es wurden nun auch ähnliche Versuche mit einer concentrirten Rohrzuckerlösung angestellt, wie folgt:

6. Temperatur der Zuckerlösung war 67 ° C.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	5 ° 43′	Im 200 mm Rohr und bei 18 ° C. polarisirt.
„	45 „	—	1 ° 52′	

(Vollständige Inversion.)

7. Die Temperatur des Gemisches im Kolben war circa 75 ° C.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	5 ° 43′	Im 200 mm Rohr und bei 18 ° C. polarisirt.
„	30 „	—	1 ° 52′	

Die Inversion war vollständig.

8. Temperatur des Gemisches im Kolben war circa 90 ° C.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	5 ° 43′	Im 200 mm Rohr und bei 18 ° C. polarisirt.
„	5 „	—	1 ° 52′	
„	10 „	—	1 ° 52′	
„	20 „	—	1 ° 52′	
„	30 „	—	1 ° 52′	

Die Inversion war somit auch hier nach 5 Minuten vollendet und erlitt die Drehung nach einem 30 Minuten langen Erhitzen keine Veränderung.

9. Das Rohrzucker-Säuregemisch wurde im Oelbad im Sieden erhalten.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	5 ° 43′	Im 200 mm Rohr und bei 10 ° C. polarisirt.
„	3 „	—	1 ° 52′	

Es konnte also auch hier bereits nach 3 Minuten vollständige Inversion constatirt werden.

Weitere Versuche mit concentrirteren Lösungen bei 96 ° C. d. h. im kochenden Wasserbade:

10.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	11 ° 26′	Im 200 mm Rohr und bei 18 ° C. polarisirt.
„	5 „	—	3 ° 44′	

11.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	17 ° 9′	Im 200 mm Rohr und bei 18 ° C. polarisirt
„	5 „	—	5 ° 36′	

12.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0	Minuten	+ 22° 52′	Im 200 mm Rohr und bei 18° C. polarisirt.
„	5	„	— 7° 28′	
„	10	„	— 7° 28′	
„	20	„	— 7° 28′	
„	30	„	— 7° 28′	

Die Inversion war also auch bei diesen Versuchen nach 5 Minuten bei 95° C. eine vollständige; bei der concentrirtesten Lösung No. 12 jedoch wurde nach 20 Minuten eine Gelbfärbung bemerkt, welche jedoch auf die Rotation keinen grösseren Einfluss zu haben schien.

Rückblick.

Die erhaltenen Zahlen bestätigen die zum Theil schon früher gemachte Erfahrungen, dass mit steigender Wärmezufuhr auch ein rapides Steigen der Intensität der Inversionsgeschwindigkeit Hand in Hand geht. Wenn nicht allzu concentrirte Lösungen angewandt werden, so kann bei einer Temperatur von circa 95° C. und unter Anwendung von etwa 5 Tropfen concentrirter Salzsäure mit dem specifischen Gewicht 1,1775 vollständige Inversion erfolgen. Eine Zersetzung ist innerhalb 15 Minuten nicht zu befürchten.

Versuchsreihe II.

Inversion mittelst Essigsäure bei gewöhnlicher Temperatur.

200 ccm reine Rohrzuckerlösung wurde mit 6 ccm Essigsäure, welche in 14 ccm Wasser gelöst wurden, versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur in gut verschlossenen Standflaschen aufbewahrt.

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0	Minuten	+ 3′	Im 220 mm Rohr und bei 16° C. polarisirt.
„	2	Tagen	+ 2° 59′	
„	6	„	+ 2° 58′	
„	12	„	+ 2° 40′	
„	25	„	+ 2° 35′	
„	54	„	+ 2° 22′	
„	67	„	+ 2° 20′	
„	98	„	+ 1° 50′	
„	121	„	+ 1° 25′	
„	11	Monaten	+ 0° 1′	

Die Inversion war also nach 11 Monaten noch nicht vollständig.

Versuchsreihe III.

Inversion mittelst gewöhnlicher (inactiver) Aepfelsäure bei gewöhnlicher Temperatur.

400 ccm Rohrzuckerlösung wurden mit 0,4 gr Aepfelsäure versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur in einer Standflasche stehen gelassen:

Zeitdauer		Drehung
nach 0	Minuten	+ 2° 10′
„ 20	Tagen	+ 2° 7′
„ 56	„	+ 1° 55′
„ 80	„	+ 0° 55′
„ 101	„	— 0° 2′
„ 121	„	— 0° 17′
„ 8	Monaten	— 0° 43′

Die Inversion war also im vorliegenden Falle innerhalb 8 Monaten eine vollständige.

Versuchsreihe IV.

Inversion mittelst Weinsäure bei gewöhnlicher Temperatur.

Bei dieser Versuchsreihe wurde nicht nur die Inversion der Weinsäure, sondern auch deren Hemmung durch Alkohol in den Kreis der Untersuchung gezogen.

1. 200 ccm Rohrzuckerlösung wurden mit 3,0022 gr Weinsäure, welche in 20 ccm Wasser gelöst wurden, versetzt und bei Zimmertemperatur in einer verschlossenen Flasche aufbewahrt.

Zeitdauer		Drehung	
nach 0	Minuten	+ 3°	Im 220 mm Rohr und bei 17° C. polarisirt.
„ 2	Tagen	+ 2° 50′*)	
„ 6	„	+ 2° 39′	
„ 25	„	+ 0° 36′	
„ 67	„	+ 1° 5′	

*) Da Weinsäure optisch activ ist, so musste dieselbe bei diesen Versuchen vor der jedesmaligen Polarisation entfernt werden und geschah dies nach folgender Methode:

30 ccm Wein wurden mit 1,5 ccm Bleiessig versetzt und der Niederschlag abfiltrirt. Zu 15 ccm des Filtrates wurden 0,75 ccm einer gesättigten Lösung von Natriumcarbonat zugesetzt, filtrirt und endlich das Filtrat polarisirt. Man erhält hiedurch eine Verdünnung von 10,11, die Berücksichtigung finden muss.

Die Inversion war demnach innerhalb 11 Wochen eine vollständige und wurde die totale Umwandlung in Dextrose und Lacvulose auch auf gewichtsanalytischem Wege festgestellt.

2. Versuch mit und ohne Zusatz von Alkohol:

a) Ohne Zusatz von Alkohol:

115 ccm Rohrzuckerlösung wurden mit 0,7 % Weinsäure versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer		Drehung		
in 0	Minuten	+ 15° 40′	}	Im 220 mm Rohr bei 18° C.
„ 20	Tagen	+ 11° — ′		
„ 160	„	+ 5° 36′		

Die Inversion war also nach circa 23 Wochen eine totale.

b) Mit Alkoholzusatz.

115 ccm Rohrzuckerlösung, welche 19 Vol.-Procente Alkohol enthielt, wurde mit 0,7 % Weinsäure versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

Zeitdauer		Drehung		
in 0	Minuten	+ 15° 40′	}	Im 220 mm Rohr bei 17° C.
„ 20	Tagen	— 15° 39′		
„ 160	„	— 3° 14′		

Die Inversion war also nach circa 23 Wochen noch nicht vollständig und war nach 20 Tagen noch keine erhebliche Inversion eingetreten, während nach dieser Zeit ohne Alkoholzusatz schon eine bedeutende Drehungsabnahme zu constatiren war.

Ein Gehalt von 19 Volum-Procent Alkohol ist demnach von beträchtlicher retardirender Wirkung auf die Inversionsgeschwindigkeit. J. Moritz machte in seiner bereits erwähnten Abhandlung über Inversion von Rohrzucker etc. dieselbe Beobachtung und constatirte andererseits den beschleunigenden Einfluss höherer Temperaturen auch auf die Inversion mit Weinsäure, was durch eigene Versuche bestätigt wurde.

Versuchsreihe V.

Inversion mittelst saurem weinsaurem Kalium bei gewöhnlicher Temperatur.

Wegen seines Vorkommens im Wein, wie auch wegen seinen sauren Eigenschaften wurde auch der Weinstein in den Bereich der Untersuchung gezogen.

1. 300 ccm Rohrzuckerlösung wurden mit circa 0,56 % saurem weinsaurem Kalium versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer		Drehung		
nach	0 Minuten	+	2° 30′	220 mm Rohrlänge bei 17° C.
„	10 Tagen	+	2° 25′	
„	27 „	+	1° 37′	
„	82 „	+	0° 45′	
„	103 „	—	0° 56′	

Die Inversion war mithin nach circa 15 Wochen vollständig.

2. 300 ccm Rohrzuckerlösung mit der Drehung + 10° 55′ wurden mit circa 0,6 % Weinstein versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer		Drehung		
nach	0 Minuten	+	5° 55′	Im 220 mm Rohr.
„	103 Tagen	+	5° 31′	
„	122 „	+	3° 18′	
„	263 „	—	5° 35′	

Die vollständige Umwandlung in Invertzucker vollzog sich demnach innerhalb höchstens 37 Wochen.

Die Versuche dieser Serie bewiesen mithin, dass das Kaliumtartrat sehr geeignet ist, auch concentrirtere Saccharoselösungen in verhältnissmässig kurzer Zeit auch bei gewöhnlicher Temperatur in Invertzucker überzuführen.

Die bis jetzt gemachten Beobachtungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Die im Weine vorkommenden freien Säuren vermögen sämmtlich Rohrzuckerlösungen bei gewöhnlicher Temperatur zu invertiren.

2. Auch das saure weinsaure Kalium verhält sich in Bezug auf Rohrzuckerlösungen wie eine freie Säure.
3. Die Dauer der vollständigen Inversion ist abhängig von der Quantität und der Natur der Säure.
4. Höhere Temperaturen begünstigen die Inversion in hohem Grade.
5. Alkohol, in Quantitäten wie er in Weinen vorkommt, hemmt wohl die Inversionsgeschwindigkeit, kann die vollständige Inversion aber nicht hindern.

II. Inversion in Weinen nach Rohrzuckerzusatz.

Das Verhalten des Rohrzuckers im fertigen Weine wurde nun einer eingehenden Prüfung unterzogen.

Es wurden daher Weine, deren Gehalt an Alkohol, Extract, Asche, freier Säure, Glycerin, Phosphorsäure und Zucker, sowie deren Polarisationen bekannt waren, mit Rohrzuckerlösungen versetzt und versiegelt im Keller bei circa 8—10 ⁰ C. aufbewahrt.

Nach gewissen Intervallen wurden Proben entnommen und strobometrisch hinsichtlich des Gehaltes an Zucker untersucht.

I. Versuch.

Analyse des Weines (weiss):

	%
Alkohol	7,8
Extract	2,03
Asche	0,173
Acidität auf Weinsäure berechnet	0,71
Glycerin	0,68

Polarisation I 0 ⁰

Zu 100 ccm dieses Weines wurden 9,273 gr Rohrzucker gesetzt und dazu 42,5 ccm Wasser bis zur vollständigen Füllung der Versuchsflasche gebracht:

Zeitdauer		Drehung	
in 0 Minuten	+	4 ⁰ 18′	Rohrlänge 100 mm.
„ 36 Tagen	—	0 ⁰ 49′	
„ 86 „	—	1 ⁰ 25′	

Sämmtlicher zugesetzter Rohrzucker war mithin nach circa 86 Tagen in Invertzucker umgewandelt.

II. Versuch.

Analyse des Weines (weiss):

	%
Alkohol . . .	8,91
Extract . . .	2,30
Asche	0,16
Glycerin . . .	0,64
P_2O_5	0,033
Acidität . . .	0,64
Zucker . . .	$<0{,}2$

Polarisation $\pm$ 0°

90 ccm dieses Weines erhielten eine Zusatz von 10,25 gr Rohrzucker und wurden mit 47 ccm Wasser bis zum Hals der Flasche aufgefüllt.

Zeitdauer		Drehung	
nach 0 Minuten	+	4° 58′	Im 100 mm Rohr.
„ 40 Tagen	—	1° 37′	

Der zugesetzte Rohrzucker war also nach circa 6 Wochen vollständig invertirt.

III. Versuch.

Analyse des Weines (weiss):

	%
Alkohol . . .	9,06
Extract . . .	2,25
Asche	0,17
Glycerin . . .	0,79
P_2O_5	0,029
Zucker . .	$<0{,}2$
Acidität . . .	0,61

Polarisation $\pm$ 0°

Zu 70 ccm dieses Weines wurden 17,019 gr Rohrzucker und 78 ccm Wasser zugesetzt.

Zeitdauer			Drehung		
in	0 Minuten	+	7 0	45′	Im 100 mm Rohr.
„	36 Tagen	+	5 0	18′	
„	86 „	—	2 0	6′	

Zur vollständigen Inversion fehlten nur noch 0 0 36′ Drehung.

IV. Versuch.

Analyse des Weines (weiss):

	%
Alkohol . . .	9,9
Extract . . .	2,86
Asche	0,18
Glycerin . . .	0,86
P_2O_5	0,024
Zucker . .	$<0{,}12$
Acidität . . .	0,82
Polarisation	$\pm$ 0 0

100 ccm dieses Weines wurden mit 9,819 gr Rohrzucker und 45 ccm Wasser bis zur Füllung der Flasche versetzt.

Zeitdauer			Drehung		
nach	0 Minuten	+	4 0	35′	Im 100 mm Rohr.
„	36 Tagen	+	1 0	27′	
„	86 „	—	1 0	12′	

Die vollständige Inversion war demnach nach circa 86 Tagen vor sich gegangen.

Diese vier Versuche zeigen mithin auf das schlagendste, dass der den Weinen zugesetzte Rohrzucker beim Lagern in Invertzucker übergeht.

III. Inversionsmethode mittelst concentrirter Chlorwasserstoffsäure.

Auf der zu Würzburg im Jahre 1886 abgehaltenen Versammlung der „freien Vereinigung Bayerischer Vertreter der angewandten Chemie“ wurde anlässlich der Discussion über die Zusammensetzung und Beurtheilung der Süd- und Medicinalweine auch die Inversionsfrage einer eingehenden Besprechung unterzogen und hat sich dabei gezeigt, dass die in diesem Punkte gemachten Erfahrungen Differenzen aufwiesen.

Nur eine Inversionsmethode konnte als zuverlässig empfohlen werden; es ist dies die Kjeldahl'sche, welche darauf beruht, dass 100 ccm zuckerhaltige Lösung etwa 24 Stunden mit 1 gr Hefe bei 57 ° C. digerirt werden.

So sicher und genau bei geschicktem Operiren diese Methode einerseits ist, so zeitraubend ist dieselbe andererseits. Gegen die Inversion mit Salzsäure wurden insoferne Bedenken erhoben, als man bei längerer Einwirkung derselben Zersetzung des Invertzuckers befürchtete, und wurden Temperaturen von über 60 ° C. bei dreistündiger Einwirkungsdauer der Säure als unthunlich erklärt.

v. Raumer (Erlangen) machte auf genannter Versammlung den Vorschlag, die zuckerhaltige Flüssigkeit mit 6 Tropfen conc. Salzsäure einmal über der Flamme aufzukochen und dann nach 5 Minuten bei 90 ° C. stehen zu lassen, wobei er die stärksten Drehungen erhielt. Ueber diese Art des Invertirens wurden nun zahlreiche Versuche sowohl mit Rohrzuckerlösungen allein, als auch mit gewöhnlichen und süssen Weinen angestellt.

Dabei wurde gefunden, dass das jedesmalige vorherige Aufkochen über der Flamme nicht nöthig ist, dass ein einfaches 5—7 Minuten langes Eintauchen der zu invertirenden Flüssigkeit in ein siedendes Wasserbad vollständig hinreicht, um mittelst 5—6 Tropfen conc. Salzsäure spec. Gew. 1,124 auch 25 procentige Rohrzuckerlösungen vollkommen zu invertiren. Ein Gelbwerden wurde erst nach circa 20 Minuten langer Einwirkungsdauer bemerkt; die Drehung blieb indessen dieselbe.

Die Inversionen wurden folgendermassen ausgeführt:

Ein 50 ccm enthaltendes Kölbchen, welches bis zu einer bestimmten Marke mit der zu invertirenden Flüssigkeit und 5—6 Tropfen concentrirter Salzsäure gefüllt war, wurde in ein siedendes Wasserbad gebracht und darin 5—7 Minuten belassen, dabei steigt die Temperatur in den ersten 2 Minuten bis auf circa 95 ° C., um bei dieser Höhe zu bleiben. Abkühlen, Neutralisiren mit Soda, Wiederauffüllen bis zur Marke bildeten den zweiten Theil der Operation. Es wurden auf diese Weise bei zahlreichen Versuchen vollständig gleichmässige Resultate erhalten.

B. Inversion von Saccharose mittelst Invertin, Diastase und Emulsin.

a) Inversion mit Invertin.

Die Versuche über die Wirkungen des Invertins zum Zwecke der Invertirung von Rohrzucker hatten den Zweck, anknüpfend an die von Ad. Mayer[1]), W. Hagemann, W. Heubach u. A. ausgeführten Arbeiten und hiebei gewonnenen Thatsachen die eventuelle Brauchbarkeit des Invertins, bezw. der Hefe für die analytischen Arbeiten festzustellen.

Versuche mit Bierhefe.

Zur Anwendung kam direct von einer grösseren Erlanger Brauerei bezogene Bierhefe. Zu den einzelnen Versuchen wurden stets 5—7 gr Hefe verwendet.

Um die Gährung zu verhindern, wurde bei Anstellung der Versuchsreihen so verfahren, dass in die mindestens auf 40—45 ⁰ C. erwärmte Rohrzuckerlösung eine gewisse Hefenmenge gebracht, eine bestimmte Zeit bei entsprechender Temperatur gehalten und sodann hinreichend Alkohol zugesetzt wurde. Die erhaltene trübe Flüssigkeit wurde hierauf mit frisch gefälltem Thonerdehydrat zur Füllung der suspendirten Theilchen versetzt und auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt, welches natürlich bei der Berechnung in Betracht gezogen werden musste.

1. 70 ccm einer Rohrzuckerlösung, welche im 200 mm Rohr die Ebene des polarisirten Lichtes + 10 ⁰ drehte, wurden in einem Wasserbade auf circa 45 ⁰ C. erwärmt, sodann mit 7 gr Hefe versetzt und circa 5 Minuten unter diesen Bedingungen gelassen. Nach dieser Zeit wurde, wie oben erwähnt, Alkohol, sodann Thonerde zugesetzt. Die Polarisation zeigte vollständige Inversion der Zuckerlösung.

2. Dasselbe Verfahren wurde nun bei 50 ⁰ C. ausgeführt; auch hier erfolgte vollkommene Inversion nach 5 Minuten.

3. Derselbe Versuch wurde bei 60 ⁰ C. wiederholt. Vollständige Inversion konnte weder nach 5 noch nach 10 Minuten beobachtet werden.

---

[1]) Zeitschr. f. Spiritusindustrie. N. F. 4. u. 5. Jahrg. 1881 u. 82.

4. Eine noch geringere Drehungsabnahme ergab sich bei Anwendung von 70 ° C.

Das Optimum lag daher bei dieser Hefe zwischen 40—50 ° C. und erfolgte bei diesen Temperaturen die vollständige Umwandlung im Invertzucker schon nach circa 5 Minuten.

In den Bereich der Untersuchungen wurden 5, 10, 15, 20 procentige Rohrzuckerlösungen gezogen und ergaben alle dasselbe Resultat.

Versuche mit einer Lösung von Invertin in Glycerin.

Circa 300 gr bei ungefähr 40 ° C. getrockneter Hefe wurden mit 300 ccm Glycerin behandelt. Das Filtrat wurde mit Alkohol versetzt, abermals filtrirt und der Rückstand nochmals in Glycerin gelöst. Die so dargestellte Invertin-Glycerin-Lösung war wohl geeignet, nach mehrstündigem Erwärmen das Gemisch auf ca. 45 ° C. vollständig zu invertiren. Auch bei gewöhnlicher Temperatur erfolgte nach ein- bis mehrtägigem Stehenlassen, je nach der Concentration der Saccharoselösung und der Quantität der angewandten Invertinlösung vollständige Inversion. Diese Invertinlösung zeigte indessen, wie dies auch A. Mayer schon beobachtete, in ihrer Wirkung eine geringere Intensität, wie Bierhefe selbst.

Die Haltbarkeit einer solchen Invertinlösung ist, wenn in gut verschlossenen Gefässen an kühlem Orte aufbewahrt, sehr gut und finden dabei keinerlei Ausscheidungen statt.

Versuche mit selbst dargestelltem Invertin.

Darstellung.

A. Mayer, W. Hagemann und W. Heubach machten in ihren bereits citirten Abhandlungen darauf aufmerksam, wegen des schädlichen Einflusses des Alkohols auf die Inversionskraft des Invertins bei der Darstellung des letzteren stets nicht mehr von diesem Fällungsmittel anzuwenden als zur Isolirung des Fermentes absolut nothwendig ist. Reines Invertin darzustellen ist genannten Herren nicht gelungen.

Die Darstellungsweise des zu vorliegenden Untersuchungen angewandten Präparates war folgende:

Im Februar direct bezogene Hefe wurde mit Wasser 4—5 Mal ausgewaschen und hierauf bei circa 35 ° C. mit Wasser 12 Stunden lang stehen gelassen, hierauf filtrirt, gepresst und das Filtrat mit

einer zur Hauptfällung gerade ausreichenden Menge Alkohol versetzt. Die entstandenen Flocken wurden hierauf wieder in Wasser gelöst, um abermals mit Alkohol ausgefällt zu werden. Nachwaschen des Niederschlages mit wenig absolutem Alkohol. Auf diese Weise wurde ein weisses Pulver erhalten, welches sich im Wasser zu einer leicht opalisirenden Flüssigkeit löste, ohne Peptonreaction zu geben.

Mit dem so gewonnenen Präparate wurden nun folgende Versuche angestellt:

1. Ad. Mayer beobachtete, dass die Wirkung des Invertins gegen das Ende zu schwieriger verläuft als beim Beginne des Processes; es war daher von Interesse, die Geschwindigkeitsabnahme der Inversion bei gewöhnlicher Temperatur auch für das vorliegende Präparat kennen zu lernen und wurden zu diesem Zwecke 50 ccm reine Rohrzuckerlösung von bekanntem Gehalte mit circa 0,02 gr Invertin versetzt, hierauf wurde einmal durchgeschüttelt und ein entsprechender Theil der Flüssigkeit in die 200 mm lange Polarisationsröhre gebracht und anhaltend beobachtet. Da bei diesem Versuche schnell abgelesen werden musste, so können natürlich nachfolgende Zahlen nicht als auf die Minute genau angenommen werden.

	Zeitdauer		Drehung
nach	0	Minuten	+ 11° 5′
„	5	„	+ 9° 55′
„	10	„	+ 8° 50′
„	15	„	+ 7° 50′
„	20	„	+ 6° 50′
„	25	„	+ 5° 50′
„	30	„	+ 4° 50′
„	35	„	+ 3° 55′
„	40	„	+ 3° 5′
„	45	„	+ 2° 20′
„	50	„	+ 1° 40′
„	55	„	+ 1° —′
„	60	„	+ 0° 25′
„	65	„	— 0° 5′
„	70	„	— 0° 30′
„	75	„	— 0° 50′
„	80	„	— 1° 5′
„	85	„	— 1° 20′

	Zeitdauer		Drehung
nach	90	Minuten —	1° 35′
„	95	„ —	1° 50′
„	100	„ —	2° —′
„	105	„ —	2° 10′
„	110	„ —	2° 20′
„	115	„ —	2° 25′
„	120	„ —	2° 30′
„	125	„ —	2° 35′
„	130	„ —	2° 40′
„	135	„ —	2° 45′
„	140	„ —	2° 50′
„	145	„ —	2° 55′ u. s. w.,

bis nach einiger Zeit unter stetem Abnehmen der Geschwindigkeit vollständige Inversion erfolgte.

Vergleichen wir diese Zahlen mit denjenigen, welche F. Urech[1]) in seiner Arbeit „Strobometrische Beobachtung der Inversionsgeschwindigkeit von Rohrzucker durch concentrirte Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur“ bei der Einwirkung von etwa 10 Volumprocenten concentrirter Salzsäure auf eine Rohrzuckerlösung von + 14° 2′ Drehung in 200 mm Rohr angibt, wie folgt:

	Zeitdauer		Drehung
nach	0	Minuten +	14° 2′
„	5	„ +	13° 12′
„	10	„ +	11° 2′
„	15	„ +	10° —′
„	20	„ +	9° —′
„	25	„ +	8° —′
„	30	„ +	7° 40′
„	35	„ +	7° —′
„	40	„ +	6° 25′
„	45	„ +	5° 40′
„	50	„ +	5° —′
„	60	„ +	4° 24′
„	65	„ +	4° 6′
„	70	„ +	3° 38′

[1]) Berliner Berichte 1880.

Zeitdauer			Drehung
nach	75	Minuten	+ 2° 20′
„	80	„	+ 2° 24′
„	85	„	+ 2° 20′
„	90	„	+ 2° 10′
„	95	„	+ 2° —′
„	100	„	+ 1° 8′
„	105	„	+ 1° —′
„	110	„	+ 0° 40′
„	115	„	+ 0° 20′
„	120	„	— 0° 0′
„	145	„	— 0° 30′
„	150	„	— 0° 48′
„	245	„	— 0° 50′
„	290	„	— 3° 30′
„	320	„	— 4° —′
„	420	„	— 4° 40′,

so findet man, dass hier wie dort die Inversionsgeschwindigkeit gegen das Ende der Reaction allmälig abnimmt, mithin die Inversion mittelst Invertin ähnlich vor sich geht wie mit Säuren; die Abnahme der Rechtsdrehung ist im Anfange am schnellsten und wird fortwährend langsammer; nach Ueberschreitung des Nullpunktes wird auch die Zunahme der Linksdrehung immer langsamer, bis das der totalen Inversion des Rohrzuckermoleküles entsprechende Drehungsvermögen erreicht ist.

2. *α*) 75 ccm Rohrzuckerlösung wurden mit 0,001 gr Invertin versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

Zeitdauer			Drehung	
nach	0	Minuten	+ 2° 12′	Im 200 mm Rohr
„	4	Stunden	+ 1° 5′	
„	24	„	— 0° 38′	

vollständige Inversion.

β) 75 ccm concentrirtere Rohrzuckerlösung wurden mit 0,001 gr Invertin versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

Zeitdauer			Drehung	
nach	0	Minuten	+ 3° 46′	Im 200 mm Rohr
„	24	Stunden	— 1° 21′	

vollständige Inversion.

γ) 50 ccm Rohrzuckerlösung wurden mit 1 ccm einer 1%igen Invertinlösung (im Wasser) bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 2° 30′	Im 200 mm Rohr
„	2½ Stunden	— 0° 53′	

vollständige Inversion.

δ) 50 ccm Rohrzuckerlösung von der gleichen Concentration wie in γ) wurden mit 0,5 ccm einer 0,25%igen Invertinlösung bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 2° 31′	Im 200 mm Rohr
„	20 Stunden	— 0° 47′	

vollständige Inversion.

Diese Versuchsreihe zeigt, dass eine Rohrzuckerlösung, welche 0,0005 gr Invertin enthält, in verhältnissmässig kurzer Zeit je nach der Concentration derselben schon bei gewöhnlicher Temperatur vollständig invertirt werden kann. Ausserdem sagen auch diese Zahlen wiederum, dass die Invertinmenge vom grossen Einflusse auf die Inversionsdauer ist.

3. Zur Bestimmung der Tödtungstemperatur dieses Präparates wurden Rohrzuckerlösungen bei bestimmter Temperatur mit Invertin versetzt und eine gewisse Zeit derselben ausgesetzt.

Sodann wurde ein Theil polarisirt, während ein anderer in gut verschlossenen Kolben bis zum nächsten Tage bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen, um zu sehen, ob die Inversion weiterschritt oder nicht.

a) Temperatur von 52° C.:

Drehung der Lösung nach	0 Minuten	+	6° 30′	Im 200 mm Rohr.
„ „ „ „	15 „	+	0° 40′	

Nach darauffolgendem 24stündigen Stehen bei gewöhnlicher Temperatur erfolgte vollständige Inversion.

b) Temperatur von 60° C.:

Drehung der Lösung nach	0 Minuten	+	6° 30′	Im 200 mm Rohr.
„ „ „ „	15 „	+	0° 50′	

Nach darauffolgendem 24 stündigen Stehen bei gewöhnlicher Temperatur erfolgte nach vollständiger Inversion

c) Temperatur von 70 ° C.:

Drehung der Lösung nach 0 Minuten + 6 ° 30′
„ „ „ „ 15 „ + 6 ° 30′ } Im 200 mm Rohr,

welche auch nach 24 stündigem Stehenlassen bei gewöhnlicher Temperatur constant blieb.

Bei 70 ° C. fand also keine Inversion mehr statt.

4. Versuche über die Einwirkung von Alkohol:

α) Ohne Alkoholgehalt bei Anwendung von 1 ccm ½ procentiger Invertinlösung:

Drehung der Lösung nach 0 Minuten + 2 ° 19′
„ „ „ „ 18 Stunden + 0 ° 50′ } Im 200 mm Rohr

vollständige Inversion.

β) Mit 25 Volumen-Procent Alkohol ebenfalls bei Anwendung von 1 ccm ½ procentiger Invertin-Lösung:

Drehung der Lösung nach 0 Minuten + 2 ° 19′
„ „ „ „ 18 Stunden + 0 ° 5′
„ „ „ „ mehreren Tagen — 0 ° 50′ } Im 200 mm Rohr

vollständige Inversion.

Alkohol hemmte also zwar die Inversion, konnte sie aber nicht verhindern.

Versuche mit Invertin des Handels.

Es war nun wünschenswerth, Versuche auch mit andern Invertin-Präparaten anzustellen und wurde eine chemische Fabrik beauftragt, nach der oben aufgeführten Methode Invertin darzustellen. Das erhaltene Präparat löste sich im Wasser zu einer opalisirten Flüssigkeit.

Versuchsreihe.

1. a) 0,001 gr Invertin wurden zu 50 ccm Zuckerlösung gesetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

Drehung der Lösung nach 0 Minuten + 17 ° 10′
„ „ „ „ 2 Stunden + 16 ° 40′
„ „ „ „ 24 „ + 16 ° 30′ } Im 200 mm Rohr.
„ „ „ „ 3 Tagen + 15 ° 35′

b) 0,001 gr Invertin wurden zu 50 ccm Zuckerlösung von + 17 0 10′ Drehung gesetzt und folgende Temperaturen 2 Stunden lang ausgesetzt:

Bei	18 0 C.	Drehung	16 0 52′	Im 100 mm Rohr.
„	30 0 „	„	16 0 51′	
„	35 0 „	„	16 0 50′	
„	40 0 „	„	16 0 45′	
„	45 0 „	„	16 0 48′	

Erhebliche Differenzen konnten also unter diesen Bedingungen nicht beobachtet werden.

2. a) 0,25 gr Invertin wurden zu 50 ccm Rohrzuckerlösung gesetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+ 17 0 10′	Im 200 mm Rohr.
„	2 Stunden	+ 13 0 —′	
„	8½ „	+ 3 0 20′	
„	24 „	+ 4 0 24′	

b) 0,25 gr Invertin wurden zu 50 ccm Rohrzuckerlösung gesetzt und bei bestimmten Temperaturen zwei Stunden stehen gelassen.

Zeitdauer		Drehung		
nach	0 Minuten	+ 17 0 10′	bei 18 0 C.	
„	2 Stunden	+ 13 0 —′	„ 18 0	„
„	„ „	+ 8 0 15′	„ 30 0	„
„	„ „	+ 5 0 50′	„ 40 0	„
„	„ „	+ 6 0 3′	„ 45 0	„

Bei Anwendung von höheren Temperaturen ging die Inversion successive langsamer vor sich, um bei 70 0 C. gänzlich aufgehoben zu werden.

Das Optimum lag bei circa 40 0 C.

3) Wie aus vorstehenden Zahlen zu ersehen ist, erfolgte nach zweistündiger Einwirkungsdauer bei höheren Temperaturen noch keine vollständige Inversion; es wurden daher noch weitere Versuche gemacht, um zu erfahren, wie viel von diesem Präparate ungefähr angewandt werden muss, um unter genannter Bedingung vollständige Inversion zu erzielen. Es ergab sich, dass erst circa 2 gr Invertin eine 15 procentige Rohrzuckerlösung bei 40 0 C. vollständig zu invertiren vermögen.

4. Den Einfluss von Alkohol auf dieses Präparat mögen folgende Zahlen illustriren:

Zu je 40 ccm Zuckerlösung mit und ohne Alkohol wurden 0,25 gr Invertin gesetzt.

a) Ohne Alkohol:

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„	22 Tagen	—	4° 40′	

b) Mit 19 Volumen % igen Alkohol:

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„	22 Tagen	—	4° 12′	

19 Volum-Procente hatten mithin keine sehr erhebliche retardirende Einwirkung.

Versuche mit einem zweiten selbstdargestellten Invertin-Präparate.

Ein Vergleich des gekauften Präparates mit dem ersten selbst dargestellten Invertin, welcher ergab, dass der von der Fabrik bezogene Körper eine viel geringere Inversionsenergie zeigte wie der selbstdargestellte, gab Veranlassung, noch ein zweites Präparat aus von derselben Brauerei wie das erste Mal aber im Monate Mai bezogener Hefe darzustellen und die Wirkung dieses Körpers zu studiren.

Bei dieser Darstellung wurde dieses Mal insoferne eine Aenderung getroffen, als die Hefe nicht ausgewaschen, sondern sofort durch Collieren und gelindes Pressen von der überstehenden Flüssigkeit befreit wurde. Im übrigen wurde dieselbe Methode eingeschlagen wie das erste Mal. Das erhaltene Präparat löste sich im Wasser opalisirend auf.

1. Um dieses Präparat mit den beiden anderen zu vergleichen, wurden je 50 ccm Rohrzuckerlösung mit je 0,02 gr verschiedener Invertin-Präparate versetzt und 2 Stunden einer Temperatur von 40° C. ausgesetzt.

a) Versuche mit dem ersten Präparate:

	Zeitdauer		Drehung	
nach	0 Minuten	+	13° 25′	Im 200 mm Rohr,

nach 2 Stunden vollkommene Inversion.

b) Versuche mit dem gekauften Präparate:

Zeitdauer		Drehung		
nach 0 Minuten	+	13° 25′	}	Im 200 mm Rohr.
„ 2 Stunden	+	12° 4′	}	

c) Versuch mit dem zweiten selbst dargestellten Präparate:

Zeitdauer		Drehung		
nach 0 Minuten	+	14° 25′	}	Im 200 mm Rohr.
„ 2 Stunden	—	2° 50′	}	

Inversion nicht vollständig.

Das vorliegende Präparat war mithin etwas schwächer wie das erste selbst dargestellte Präparat, bedeutend stärker jedoch als das gekaufte.

2. Um über den Verlauf der Inversion bei Anwendung von 5 Tropfen einer einprocentigen Invertinlösung und über die Abhängigkeit der Inversionsdauer von der Zuckerconcentration Zahlen zu erhalten, wurden folgende Versuche angestellt:

a) Zu 50 ccm Zuckerlösung wurden 5 Tropfen einer einprocentigen Lösung gegeben; Stehenlassen des Gemisches bei gewöhnlicher Temperatur.

Zeitdauer		Drehung		
nach 0 Minuten	+	5° 16′	}	Im 200 mm Rohr
„ 24 Stunden	—	1° 50′	}	

vollständige Inversion.

b) Wie unter a, jedoch concentrirtere Zuckerlösung:

Zeitdauer		Drehung		
nach 0 Minuten	+	13° 10′	}	Im 200 mm Rohr
„ 24 Stunden	—	0° 50′	}	

nach 64 Stunden vollständige Inversion.

c) Wie unter b, jedoch noch concentrirtere Zuckerlösung:

Zeitdauer		Drehung		
nach 0 Minuten	+	26° 20′	}	Im 200 mm Rohr.
„ 24 Stunden	+	15° 5′	}	
„ 41 „	+	8° 35′	}	
„ 64 „	±	0° —′	}	

Die Inversion war also nach 64 Tagen noch nicht vollständig.

3. Versuch mit 2 Tropfen einer einprocentigen Invertin-Lösung:

Zeitdauer			Drehung		
nach	0 Minuten	+	13 °	10′	Im 100 mm Rohr
„	23 Stunden	+	6 °	5′	
„	40 „	+	2 °	—′	
„	64 „	+	1 °	—′	

nach mehreren Tagen vollständige Inversion.

Aus einem Vergleiche von diesem Versuche mit dem unter 2 b ist leicht die Abhängigkeit der Inversionsdauer von der Invertinmenge zu ersehen. Ausserdem zeigt auch der Versuch 3, dass eine Rohrzuckerlösung, welche 0,002 % Invertin enthält, schon bei gewöhnlicher Temperatur relativ schnell invertirt werden kann.

4. Temperaturoptimum:

50 ccm Zuckerlösung wurden mit 5 Tropfen einer einprocentigen Invertin-Lösung versetzt und 2 Stunden auf folgende Temperaturen gehalten:

Bei	18 ° C.	nach	0	Minuten	+	13 °	10′
„	35 ° „	„	2	Stunden	+	10 °	20′
„	40 ° „	„	„	„	+	9 °	40′
„	45 ° „	„	„	„	+	10 °	10′

Das Optimum lag mithin bei ungefähr 40 ° C.

A. Mayer, W. Hagemann und W. Heubach, welche ebenfalls Versuche über Temperaturoptima anstellten, fanden circa 31 ° C. als Optimum; sie fügten indessen hinzu, dass verschiedene Invertin-Präparate auch verschiedene Optima besitzen. Das betreffende Invertin-Präparat stellten genannte Herren in der Weise dar, dass sie sich aus Presshefe eine gesättigte Invertin-Lösung bereiteten, dann filtrirten und das Filtrat auf das doppelte Volumen brachten.

Die Tödtungstemperatur lag bei circa 65 ° C., indem nach zweistündiger Einwirkungsdauer bei dieser Temperatur mittelst Fehling'scher Lösung keine Glykose nachzuweisen war.

5. Versuche mit und ohne Alkohol.

a) Ohne Alkohol:

40 ccm Rohrzuckerlösung, welche keinen Alkohol enthielt, wurde mit 5 Propfen einer einprocentigen Invertin versetzt bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer			Drehung		
nach	0	Minuten	+	17° 10′	Im 200 mm Rohr.
„	2	Stunden	+	15° 50′	
„	6	„	+	13° 35′	
„	22	„	+	7° 40′	
„	46	„	—	4° 30′	

b) Mit Alkoholzusatz:

40 ccm Rohrzuckerlösung, welche 19 Volum-Procente Alkohol enthielten, wurden mit 5 Tropfen einer einprocentigen Invertin-Lösung versetzt bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer			Drehung		
nach	0	Minuten	+	17° 10′	Im 200 mm Rohr.
„	2	Stunden	+	16° 10′	
„	6	„	+	13° 55′	
„	22	„	+	11° 20′	
„	46	„	+	8° 30′	

Die retardirende Wirkung des Alkohols ist also auch hier unverkennbar.

Rückblick.

Die bei den oben mitgetheilten Resultaten gefundenen Thatsachen über die Wirkung des Invertins lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Inversionsdauer hängt ab sowohl von der Invertinmenge als auch von der Concentration der Rohrzucker-Lösungen.
2. Alkohol hemmt die Inversion.
3. Ein Temperaturoptimum für die Invertinwirkung von allgemeiner Giltigkeit lässt sich vorläufig nicht bestimmt aufstellen. Die Temperaturen von 30—40° dürften der Wirkung des Invertins am zuträglichsten sein.
4. Die Temperatur, bei welcher die Wirkung des Invertins vernichtet wird, liegt oberhalb 65° C.
5. Mengen von 0,001 % Invertin vermögen auch concentrirtere Rohrzuckerlösungen schon bei gewöhnlicher Temperatur in verhältnissmässig kurzer Zeit zu invertiren.

6. Invertinpräparate verschiedenen Ursprungs haben auch verschiedene Inversionsenergie, welche Thatsache beweist, dass das, was wir Invertin nennen und als solches darstellen, kein reiner Körper ist.
7. In gut verschlossenen Gefässen hält sich Invertin vorzüglich, ohne Schwächung seiner Wirksamkeit zu verlieren, was durch vergleichende Versuche mit frischem und drei Wochen altem in gut verschlossenem Gefässe aufbewahrten Präparate bewiesen wurde.

Die Frage, ob Invertin praktisch bei analytischen Arbeiten zur Bestimmung des Rohrzuckers in Süss-, Medicinal- und anderen Weinen zu verwenden sei, ist dahin zu beantworten, dass man zur Controle der Inversion des Rohrzuckers mit Salzsäure, wenn nicht gerade isolirtes Invertin, so doch frische gute Unterhefe, welche ja auch durch Cultur leicht zu beschaffen ist, anwenden kann und dürfte folgende Methode nach den gewonnenen Erfahrungen vorzuschlagen sein:

50 ccm Wein werden in einem 75 ccm enthaltenden Kölbchen im Wasserbade auf circa 45 ° C. gebracht, hierauf mit circa 7 gr Hefe versetzt und 5—10 Minuten unter diesen Bedingungen belassen. Nach dieser ungefähren Zeit wird dem invertirten Gemische starker Alkohol in genügender Quantität, um die Gährung zu verhindern, zugesetzt, auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt und mit Thonerdehydrat versetzt. Nach der Filtration findet die Polarisation des Filtrates statt.

b) Inversion mit Diastase.

Die Einwirkung der diastatischen Fermente, speciell der Diastase auf Rohrzucker unter verschiedenen Bedingungen bildete den Gegenstand weiterer Versuche.

C. J. Lintner[1]) bezeichnete in seinen interessanten Mittheilungen über die günstigste Darstellungsweise wirksamer Diastase die bisher angewandten Darstellungsmethoden als die Fermentkraft schädigende und schlug eine Darstellungsweise vor, welche es möglich macht, in den Besitz eines haltbaren Präparates zu kommen, von dessen energischem Stärkeumwandlungsvermögen man stets überzeugt sein kann. Auch zu vorliegendem Zwecke wurde das diastatische Ferment nach Lintner's Angabe dargestellt, wie folgt:

[1]) Journal für praktische Chemie. 1886.

Ein Theil Gerstengrünmalz wurde mit drei Theilen 20 procentigen Alkohols circa 48 Stunden lang digerirt. Der abgesaugte Auszug wurde mit dem doppelten, höchstens zweieinhalbfachen Volumen starken Alkohols gefällt und folgte hierauf Trennung der überstehenden Flüssigkeit von dem gelblichweissen Niederschlag durch einfaches Abgiessen. Durch darauffolgendes Absaugen durch ein Filter wurde der Niederschlag vom Alkohol befreit. Die auf dem Filter verbliebene Masse wurde hierauf in einer Reibschaale mit absolutem Alkohol und Aether nachgewaschen und schliesslich im Vacuum über Schwefelsäure zum Trocknen gebracht. Die gründliche Entwässerung mit Alkohol und Aether war nothwendig, um die Diastase als lockeres Pulver zu erhalten.

Versuchsreihe.

1. 50 ccm Rohrzuckerlösung wurde mit 0,1 gr Diastase versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur (15°—17°) stehen gelassen:

Zeitdauer	Drehung	
nach 0 Minuten	+ 17° 5′	Im 200 mm Rohr.
„ 1 Stunde	+ 17° —′	
„ 8 Stunden	— 15° 15′	

2. Versuche mit und ohne Alkoholzusatz:

a) 50 ccm Zuckerlösung ohne Alkoholzusatz wurden mit 0,05 gr Diastase versetzt bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

Zeitdauer	Drehung	
nach 0 Minuten	+ 15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„ 21 Tagen	— 4° —′	

nach längerer Zeit innerhalb 164 Tagen vollständige Inversion.

b) 50 ccm Zuckerlösung von derselben Concentration, jedoch mit einem Gehalte von 19 Volum-Procent Alkohol, wurden mit 0,05 gr Diastase versetzt bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

Zeitdauer	Drehung	
nach 0 Minuten	+ 15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„ 21 Tagen	+ 11° —′	
„ 164 „	— 1° 16′	

Die Inversion war also nach dieser Zeit noch nicht vollständig. Die retardirende Wirkung des Alkohols ist also offenbar.

3. Versuche bei höheren Temperaturen unter Anwendung von 50 ccm Rohrzuckerlösung und 0,1 gr Diastase:

	Zeitdauer	Drehung	
	nach 0 Minuten	+ 17° 5′,	
a) bei 32° C.:			
	nach 1 Stunde	+ 16° 47′	Im 200 mm Rohr,
	„ 6 Stunden	+ 15° 10′	
b) bei 42° C.:			
	nach 1 Stunde	+ 15° 50′	Im 200 mm Rohr,
	„ 6 Stunden	+ 13° 20′	
c) bei 45° C.:			
	nach 1 Stunde	+ 15° 55′	Im 200 mm Rohr.
	„ 6 Stunden	+ 13° 10′	

Bei circa 65° C. hörte Inversion auf.

Das Optimum lag also bei ungefähr 42° C.

Die Resultate dieser Versuche gestatten festzustellen:

1. Diastase scheint im Stande zu sein, Rohrzucker vollständig zu invertiren;
2. Temperatur-Optimum liegt bei circa 42° C.;
3. Alkohol hemmt die Wirkung des Fermentes;
4. die Temperatur von 65° verrichtet die invertirende Wirkung der Diastase.

c) Inversion mit Emulsin.

Das in den süssen und bitteren Mandeln vorkommende Ferment Emulsin besitzt bekanntlich die Eigenschaft, das in den bitteren Mandeln, in den Früchten der Pomaceen und Amygdaleen, sowie in den Kirsch- lorbeerblättern und anderen Pflanzen enthaltene Glykosid Amygdalin beim Stehen mit Wasser in Bittermandelöl, Dextrose und Blausäure zu zerlegen; auch wird ihm die Fähigkeit, Stärke in Zucker umzuwandeln, zugeschrieben. Es war daher naheliegend, im Anschlusse an die vorhergehenden Versuche auch diesen Körper auf sein etwaiges Inversionsvermögen zu prüfen.

Darstellung.

Die Darstellung geschah nach der in Husemann-Hilger's Werke: „Die Pflanzenstoffe“ angegebenen Methode wie folgt: Süsse Mandeln wurden durch Auspressen von Fett befreit, worauf ein 20stündiges Digeriren des Rückstandes mit dem doppelten Gewichte

Wasser folgte. Filtriren durch ein Colliertuch und Pressen. Versetzen der klaren Flüssigkeit mit Essigsäure bis zur vollständigen Fällung des Conglutins. Aus dem essigsauren Filtrate wurde nun das Emulsin durch starken Alkohol gefällt. Trocknen des Emulsins im Vacuum über Schwefelsäure. Es wurde so ein weisses, im Wasser fast vollständig lösliches Präparat erhalten.

Versuchsreihe.

1. 50 ccm Zuckerlösung wurden mit 0,08 gr Emulsin versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 6° 35′	Im 200 mm Rohr.
„	5 Stunden	+ 6° 35′	
„	20 „	+ 6° 34′	

Erhebliche Inversion konnte nicht bemerkt werden.

2. Versuche bei höherer Temperatur:

a) 50 ccm Zuckerlösung wurden mit 0,08 gr Emulsin versetzt und bei 40° C. 5 Stunden stehen gelassen.

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 6° 35′	Im 200 mm Rohr.
„	5 Stunden	+ 1° 45′	

Temperaturerhöhung wirkte also begünstigend.

b) Bei Anwendung von 0,02 gr Emulsin konnte auch bei einer Temperatur von 40° nach zweistündiger Einwirkungsdauer keine merkliche Inversion beobachtet werden.

3. Versuch mit und ohne Alkoholzusatz:

a) Ohne Alkoholzusatz: 0,25 gr Emulsin wurden zu einer Rohrzuckerlösung gesetzt, welche keinen Alkohol enthielt:

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„	21 Tagen bei gewöhnl. Temp.	+ 3° 40′	

b) 0,25 gr Emulsin wurden zu einer Rohrzuckerlösung gesetzt, welche 19° Volum-Procent Alkohol enthielt:

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„	21 Tagen bei gewöhnl. Temp.	+ 15° 39′	
„	164 „	+ 4° —′	

Alkohol hemmte also die Inversion im hohen Grade.

Versuche mit käuflichem Emulsin.

1. 0,02 gr Emulsin vermochten ebenfalls nicht bei 40° C. nach zweistündiger Einwirkungsdauer eine Rohrzuckerlösung merklich zu invertiren.

2. Versuche mit und ohne Alkoholzusatz:

a) Ohne Alkoholzusatz: 40 ccm einer Rohrzuckerlösung wurden mit 0,25 gr Emulsin versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„	21 Tagen	+ 11° 30′	

b) Mit Alkoholzusatz: 40 ccm einer Rohrzuckerlösung, welche 19 Volum-Procent Alkohol enthielt, wurden mit 0,25 gr Emulsin versetzt und bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen:

	Zeitdauer	Drehung	
nach	0 Minuten	+ 15° 40′	Im 200 mm Rohr.
„	21 Tagen	+ 15° 39′	
„	164 „	+ 10° 40′	

Alkohol hemmte die Inversion.

Rückblick.

1. Emulsin scheint Rohrzucker nur sehr schwer invertiren zu können.
2. Höhere Temperaturen begünstigen die Inversion.
3. Alkohol wirkt hemmend auf die Inversion ein.
4. Verschiedene Präparate haben verschiedene Wirkungsintensität.

Studien über die Entwicklung der Frucht der Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus) sowie die Producte der Gährung des Heidelbeersaftes.

Die Bedeutung des näheren Studiums der Fruchtreife auf chemischem Wege nicht blos für die Physiologie, sondern auch für die Beurtheilung der Producte der alkoholischen Gährung aus Fruchtsäften steht ausser allem Zweifel.

Um in dieser Richtung einen kleinen Beitrag zu liefern, wurde eine Versuchsweise unternommen, welche beabsichtigte, die chemischen Veränderungen zu studiren, welche die Frucht der Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus) bei dem Reifen erleidet, andererseits auch den Gährungsprocess des Heidelbeerfruchtsaftes, sowie die Producte dieses Gährungsprocesses näher zu untersuchen.

Die Bestandtheile der Heidelbeeren sind nach Martini:

	%
Traubenzucker und Fruchtzucker . .	5,78
Lösliche Pektinstoffe	0,555
Gummi und Fett	
Bläulich schwarzrother Farbstoff, eine gebundene organische Säure	
Kerne, Schalen und Zellstoff	12,864
Aepfelsäure	1,341
Pektosin	0,256
Eiweiss	0,794
Wasser	77,552
Asche	0,858

und zwar ist dabei zu bemerken, dass Martini die freie Säure nur als Aepfelsäure, während John daneben auch Citronensäure und wenig Gerbsäure bestimmte.

J. König gibt in seinem Werke über „Nahrungsmittel“ folgende Analyse an:

	%
Wasser	78,36
Freie Säure	1,66
Zucker	5,02
Asche	1,02.

A. Untersuchungen über die Reife der Frucht.

Die zu den nachfolgenden Untersuchungen über die Reife benutzten Beeren stammten aus der Umgegend von Erlangen und gelangten die entstielten Früchte zur näheren Prüfung.

Bei den Untersuchungen wurden berücksichtigt:

Der Wassergehalt, sowie der Gehalt an Trockensubstanz, Invertzucker, Rohrzucker, die Gesammtacidität und die Mengen der Mineralbestandtheile.

Das dabei angewandte Verfahren war folgendes:

Der Wassergehalt, resp. die Trockensubstanz wurde bestimmt, indem die Beeren bei 100 ° C. 3 1/2 Stunden lang im Luftbade getrocknet wurden.

Die Gesammtmenge der freien Säure wurde ermittelt, indem man bestimmte abgewogene Mengen frischer entstielter Beeren im Mörser mit wenig Wasser vorsichtig zerdrückte, bis nach dem Abgiessen des Auszuges nach abermaligem gleichen Behandeln keine saure Reaction mehr wahrzunehmen war. Die saure Lösung wurde sodann in ein Becherglas gespült und mit 1/10 Normal-Kalilauge neutralisirt. Die Berechnungen beziehen sich auf Aepfelsäure, da neben dieser Säure wohl Citronensäure, aber keine Weinsäure gefunden werden konnte.

Zur Zuckerbestimmung wurden die entstielten Beeren wie bei der Aciditätsbestimmung mit wenig Wasser zerdrückt, in eine Porcellanschaale gespült, mit frisch gefälltem kohlensauren Kalke — zur Verhütung einer etwaigen Inversion — eingedampft, darauf mit 90 procentigem Alkohol wiederholt ausgezogen und filtrirt. Das alkoholische Filtrat wurde nun mit Thierkohle versetzt, stark concentrirt, wieder mit Wasser aufgenommen, nochmals filtrirt und endlich das Filtrat bis zu einem bestimmten Volumen aufgefüllt. Ein Theil dieser Flüssigkeit wurde zur Bestimmung des Glykosen, der andere Theil wurde zur Inversionsprobe verwendet.

Die Inversion wurde in der Weise ausgeführt, dass 50 ccm Wein mit 5—6 Tropfen concentrirter Salzsäure 5 Minuten lang im siedenden Wasserbade erhitzt wurden. Die Zuckerbestimmung wurde alsdann gewichtsanalytisch nach Soxhlet vorgenommen.

Der Aschengehalt wurde festgestellt, indem man die frischen Beeren, welche bereits zur Trockensubstanzbestimmung dienten, langsam veraschte, hierauf mit einigen Tropfen kohlensaurem Ammoniak versetzte, vorsichtig eindampfte und glühte.

I. Am 9. Juni.

Die Beeren, welche nach einem kurzen Regen auf trockenem Boden gesammelt wurden, waren noch vollständig grün:

	%
Wassergehalt	82,55
Trockensubstanz	17,45
Gesammtsäure	0,65
Invertzucker	0,02
Gesammtzuckermenge nach der Inversion	0,19
Folglich aus der Differenz Rohrzucker	0,17
Aschengehalt	0,72.

II. Am 25. Juni.

Die Beeren wurden nach andauernd trockenem Wetter gesammelt und wogen 100 Stück im Durchschnitt 10,179 gr.

Die Früchte waren mit Ausnahme des oberen Theiles der Fruchtknotenwand, welcher bereits einen röthlichen Ton besass, noch vollständig grün:

	%
Wassergehalt	76,874
Trockensubstanz	23,126
Gesammtsäure	1,62
Invertzucker	0,42
Nach der Inversion Zuckergehalt von	1,05
Folglich Rohrzucker	0,63
Aschengehalt	0,74.

III. Am 25. Juni.

Die Beeren, welche gleichzeitig mit denen unter II gesammelt wurden, waren vollständig roth gefärbt und wogen 100 Stück im Durchschnitt 16,687 gr:

	%
Invertzucker vor und nach der Inversion	1,90
Gesammtsäure	1,83
Aschengehalt	0,52.

Rohrzucker fehlt.

IV. Am 7. Juli.

Die Beeren waren vollständig roth mit blauem Krönchen (oberer Theil der Fruchtknotenwand). 100 Stück wogen durchschnittlich 12,553 gr:

	%
Wassergehalt	79,47
Trockensubstanz	20,53
Gesammtsäure	1,58
Invertzucker vor und nach der Inversion	1,9
Aschengehalt	0,54.

Rohrzucker fehlt.

V. Am 12. Juli.

Die Beeren wurden auf trockenem Boden gesammelt und waren vollständig reif. 100 Stück wogen im Durchschnitt 29,97 gr:

	%
Wassergehalt	83,5
Trockensubstanz	16,5
Invertzucker vor und nach der Inversion	5,06
Gesammtsäure	1,07
Aschengehalt	0,38

Rohrzucker fehlt.

Der Mangangehalt der Asche betrug 2 % (als Mn_2O_3 berechnet), der Gehalt an Phosphorsäure war 17,3 %.

Zur besseren Veranschaulichung der analytischen Daten möge nachstehende Tabelle dienen:

	9. Juni	25. Juni		7. Juli	12. Juli
	Vollständig grüne Beeren	Grüne Beeren, welche schon den Uebergang in Roth zeigten	Rothe Beeren	Rothe Beeren, welche schon den Uebergang in Blau zeigten	Blaue Beeren
	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent
Wassergehalt	82,55	76,874	—	79,47	83,5
Trockensubstanz	17,45	23,126	—	20,53	16,5
Acidität	0,65	1,62	1,82	1,58	1,07
Invertzucker	0,02	0,42	1,9	1,9	5,06
Rohrzucker	0,17	0,74	—	—	—
Asche	0,72	0,74	0,52	0,54	0,38

Aus dieser Uebersicht entnehmen wir, dass bis zum ersten totalen Farbenwechsel der Beeren eine allgemeine Zunahme der einzelnen aufgeführten Bestandtheile stattgefunden zu haben schien, während von diesem Stadium an ein progressives Sinken der Trockensubstanz, Acidität und der Asche eintrat, der Zuckergehalt hingegen in steter fortschreitender Zunahme war. Bezüglich des Zuckers sei erwähnt, dass derselbe in dem ersten Entwicklungsstadium der Beeren nicht nur als Fruchtzucker, sondern auch als Rohrzucker vorhanden ist.

B. Untersuchungen über den Heidelbeersaft, beziehungsweise Heidelbeerwein.

Das Material für die Untersuchungen über Heidelbeersaft stammte von der Firma Vollrath & Co. in Nürnberg, welche mir frischen Saft direct nach der Pressung bereitwilligst im August 1887 zur Verfügung stellte. Dieser Saft zeigte folgende Zusammensetzung:

	%
Spec. Gew. . . .	1,029
Extract	9,90
Asche	0,22
Zucker	4,39
Gesammtsäure . .	1,15

(als freie Aepfelsäure angenommen).

Dieser Saft diente nun zu folgenden Versuchen:

I. 2 Liter wurden bei gewöhnlicher Temperatur ohne Zucker- und Hefezusatz in einem sterilisirten und mit Watte verstopften Kolben stehen gelassen.

II. 2 Liter wurden mit 10 % Rohrzucker und 60 gr frischer abgepresster Bierhefe versetzt, bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

III. 2 Liter wurden mit 10 % Rohrzucker und 60 gr Bierhefe bei 25 ° C. stehen gelassen.

IV. 2 Liter wurden mit 10 % Rohrzucker und 60 gr Bierhefe bei circa 34 ° C. stehen gelassen.

V. 2 Liter wurden mit 25 % Rohrzucker und 60 gr Bierhefe versetzt, bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen.

VI. 2 Liter wurden mit 25 % Rohrzucker und 60 gr Bierhefe versetzt, bei 25 ° C. stehen gelassen.

Nach 12 Tagen wurden von diesen einzelnen in Gährung begriffenen Säften je 1 Liter entnommen, derselbe im Rückflusskühler aufgekocht, zum Klären auf die Seite gestellt und hierauf in Flaschen, welche mit Kork, Draht und Siegellack gut verschlossen wurden, in einem Keller von 9 ° C.-Temperatur aufbewahrt.

Nach 16 Tagen wurden ferner die Reste der sämmtlichen Saftproben im Rückflusskühler aufgekocht, von den Trübungen durch Absitzenlassen und Decantiren befreit, und ebenfalls in gut verschlossenen Flaschen dem Keller übergeben.

Das so vorbereitete Material diente nun zu eingehenden Prüfungen über die Veränderungen beim Gährungsprocesse unter den verschiedenartigsten Bedingungen.

Nach einem halben Jahre wurden die Proben wieder dem Keller entnommen und untersucht. Die Untersuchung erstreckte sich auf Feststellung des specifischen Gewichtes, des Extractgehaltes, der Mineralbestandtheile, der Gesammtsäure, des Glyceringehaltes, des Alkohol- und Zuckergehaltes, sowie der Essigsäure.

Die nachfolgende Tabelle gibt in übersichtlicher Weise die erhaltenen Zahlen.

Heidelbeersaft.

Temperatur	Zeitdauer	Spec. Gew.	Extrakt	Mineralbestandtheile	Gesammt-Säure	Glycerin	Alkohol-Gew.	Zucker	Essigsäure
			Procent	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent	Procent
—	—	1,029	9,93	0,22	1,15	—	—	4,39	—

Vergährung.

Ohne Zucker- und Hefezusatz.

Bei gewöhnl. Temperatur	Nach 12tägig. Gährdauer	1,0082	3,38	0,258	1,36	0,35	2,3	0,21	—
	Nach 16tägig. Gährdauer	—	3,37	0,26	1,976	0,34	2,2	0,23	—

10% Zuckerzusatz und Hefezugabe (60 g per 2 Liter).

Bei gewöhnl. Temperatur	Nach 12tägig. Gährdauer	1,00148	3,62	0,29	1,04	0,766	7,73	0,04	0,048
	Nach 16tägig. Gährdauer	1,0017	3,62	0,29	1,05	0,76	7,73	0,04	0,054
Bei 25° C. Temperatur	Nach 12tägig. Gährdauer	1,0015	3,5	0,29	1,04	0,73	7,53	0,056	0,052
	Nach 16tägig. Gährdauer	1,0015	3,5	0,29	1,02	0,67	7,42	0,08	0,06
Bei 35° C.	Nach 16tägig. Gährdauer	1,00215	3,5	0,29	1,02	0,63	6,86	0,04	0,05

25% Zuckerzusatz und Hefezugabe (60 g per 2 Liter).

Bei gewöhnl. Temperatur	Nach 12tägig. Gährdauer	1,0185	9,34	0,34	1,058	0,88	10,7	4,48	0,115
	Nach 16tägig. Gährdauer	1,0100	7,2	0,346	1,055	1,00	12,08	2,2	0,123
Bei 25° C.	Nach 12tägig. Gährdauer	1,013	7,80	0,35	1,03	0,95	11,38	2,86	0,116
	Nach 16tägig. Gährdauer	1,012	7,8	0,36	1,049	0,937	11,66	2,51	0,1176